ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 OCTOBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Au cours de la séance, M. le **Président** fait part de la nouvelle, qu'il vient de recevoir, du décès de M. *Marcel Deprez*, Membre de la Section de Mécanique, survenu aujourd'hui à Vincennes (Seine), et se fait l'interprète des sentiments que cette mort inspire à l'Académie.

NAVIGATION. — *Expressions générales de la résistance de l'eau à la translation des carènes et leurs enseignements.* Note de M. E. **Fournier**.

1. J'ai montré dans une Note précédente [1] que les navires *aptes aux plus grandes vitesses*, en navigation ordinaire, à ciel ouvert, sont ceux dont la convexité latérale de leur surface immergée, Σ, est caractérisée par un coefficient ω moindre qu'une valeur critique, $\omega_0 = 0,18$, ou, plus exactement, on va le voir, $\omega_0 = 0,1832$.

Ce coefficient a pour expression $\omega = \sqrt{\sin I \sin I_m}$, en fonction de la moyenne, I_m, des incidences maximum d'attaque, I, I′, I″, ..., des *lignes d'eau* de la *proue*, parallèles au plan de flottaison, parmi lesquelles I est celle de la ligne d'eau de ce plan. Les navires en question doivent cette aptitude exceptionnelle à leur propriété d'entretenir, par la translation de leurs reliefs immergés, une houle satellite dont le premier creux ondula-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 444.

toire, occupant le milieu de la carène, à une vitesse critique

$$(2)\qquad W = 0,7911\sqrt{L}\left[1 + 0,9707\left(\frac{l}{p} - 2,02\right)\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(3 - \frac{l}{p}\right)\right],$$

s'étend ensuite librement vers le sillage, en s'approfondissant au-dessous de la flottaison, à mesure que $\frac{V}{W}$ croît, de 1 vers ∞. Il en résulte que la *poupe*, s'abaissant dans ce creux, fait émerger sa proue de manière à diminuer en conséquence l'accroissement de la résistance R de l'eau à la translation du navire.

2. La discussion des mesures de cette résistance recueillies à Paris dans le bassin d'essai de la marine consacré à cet usage, sur des modèles de carènes de formes usuelles ayant leur section droite à leur milieu et caractérisées par des valeurs de ω *moindres* que $\omega_0 = 0,1832$, m'ont conduit en effet à reconnaître que R croît, dans ce cas, suivant la relation

$$(3)\quad R = 0,16\Sigma V^2\left\{1 + \left(1 - \frac{W}{V}\right)\left[\frac{2,631\,l}{\sqrt{Lp}}\right]^{\frac{\omega - 0,136}{\omega_0 - \omega}} \times\left[1 - \left(\frac{l}{0,03L}\right)^{1,08} . \sin\pi\frac{\frac{W}{V}}{0,961} . \sin\pi\frac{\frac{W}{V}}{0,708} . \sin\pi\frac{\frac{W}{V}}{0,384}\right]\right\},$$

où le facteur commun 0,16 se rapporte aux carènes *en fer neuf fraîchement peint*, ayant l et L pour largeur principale et pour longueur.

Le facteur exponentiel de cette expression, qui a pour exposant $\frac{\omega - 0,136}{\omega_0 - \omega}$ dans lequel $\omega_0 = 0,1832$, devenant *infini* quand $\omega = 0,1832$, montre qu'elle cesse à cette limite d'être applicable aux carènes ayant pour caractéristique de leur convexité latérale des valeurs de ω moindres que ω_0. C'est donc bien à cette valeur critique de ω qu'a lieu la transition entre les carènes aptes aux plus grandes vitesses et les autres; celles-ci étant empêchées, aux vitesses plus grandes que W, pour les raisons que j'ai indiquées dans ma Note précédente, de prendre, comme les premières, une inclinaison favorable à leur vitesse par la surimmersion de leur poupe et l'émersion correspondante de leur proue.

3. J'ai trouvé que, sur les navires de cette catégorie ($\omega > \omega_0$), la résistance R varie, en effet, avec les valeurs de $\frac{V}{W}$ plus grandes que 1, suivant la

relation

(4) $$R = 0,16\Sigma V^2 \left\{ 1 + \left(\frac{V}{W} - 1\right) \frac{V^2}{W^2} \left[\frac{2,537\,l}{\sqrt{Lp}}\right]^{4,22} \times \left[1 - 0,7278\frac{W}{V}\left(1 + 0,2773\frac{W}{V}\right)\right]\right\},$$

où l et p sont la largeur principale et la profondeur moyenne de la section droite de Σ. Cette expression diffère essentiellement de la précédente, notamment parce que les valeurs du coefficient $\Psi = \frac{R}{0,16\Sigma V^2}$, de la résistance, qu'on en déduit, tendent vers l'*infini* avec $\frac{V}{W}$, tandis que celles de ce coefficient Ψ, tirées de l'équation (3), tendent vers une *limite finie* se réduisant à 1,79, par exemple, pour *la valeur minimum* $\omega_m = \frac{0,1832}{2} = 0,0916$ de ω.

4. Quant au régime initial des variations oscillatoires de R, *aux vitesses moindres que* W, j'ai reconnu qu'il est défini sur toutes les carènes de formes usuelles, indistinctement, par la relation générale

(5) $$R = 0,16\Sigma V^2 \left\{ 1 - A \sin\pi\left(\frac{V^2}{W^2}\right)\left[1 - a\sin\pi\left(\frac{V^2}{W^2}\right) + b\sin^2\pi\left(\frac{V^2}{W^2}\right)\right]\right\},$$

dans laquelle A, a, b sont des constantes de formes satisfaisant aux relations

(6) $$\begin{cases} A = 0,1837 \left(\frac{l}{p}\right)^{2,72} \left[1 - 0,4278\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right], \\ a = 2,9757 \sin 90^\circ \left(\frac{\frac{l}{p}}{2,793}\right)^{2,658} \left[1 + 0,1003\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right], \\ b = 2,11 \sin 90^\circ \left(\frac{\frac{l}{p}}{2,793}\right)^{3,196} \left[1 + 0,3512\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right]. \end{cases}$$

C'est dans le régime initial que le coefficient $\Psi = \frac{R}{0,16\Sigma V^2}$ de la résistance atteint son *minimum absolu moindre que* 1, à la vitesse V_m, satisfaisant à la condition $\frac{V_m}{W} = \sqrt{\frac{180^\circ - \varphi_m}{180^\circ}}$ dont l'angle auxiliaire, φ_m, est *la valeur moindre que* 90° donnée par l'équation

(7) $$\sin\varphi_m = \frac{a}{3b}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{3b}{a^2}}\right).$$

Mais ψ passe antérieurement par un *maximum relatif plus grand que* 1, à la vitesse V_M qui satisfait à la condition $\frac{V_M}{W} = \sqrt{\frac{\varphi_M}{180^\circ}}$, dont l'angle auxiliaire φ_M est *la valeur moindre que* 90° donnée par l'équation

$$\sin\varphi_M = \frac{a}{3b}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{3b}{a^2}}\right);$$

V_m est donc *la vitesse la plus économique du navire.*

5. Aux expressions précédentes il faut joindre enfin celle de la surface Σ de la carène, en fonction de sa projection latérale, σ, sur son *plan de dérive*, et celle du volume U, enveloppé par cette surface Σ, qui s'en déduit ensuite.

J'ai trouvé qu'elles sont, pour les carènes de formes usuelles envisagées exclusivement dans cette Note :

$$(9) \qquad \frac{\Sigma}{\sigma} = 1 + \left(\frac{l}{L}\right)^{1 - 0,941\,\omega^{0,234}\left(\frac{p}{\sqrt{\sigma}}\right)^{0,0464}\left(\frac{l}{p}\right)^{0,396}},$$

$$(10) \qquad \frac{U}{\Sigma l} = 0,0272\frac{\sqrt{\sigma}}{p}\left(1 + 2,68\frac{l^4}{L^4}\right) \times\left[1 - 0,3972\left(3,431 - \frac{l}{p}\right)\left(3,175 - \frac{l}{p}\right)\left(2,793 - \frac{l}{p}\right)\right],$$

le terme $2,68\,\frac{l^4}{L^4}$ étant négligeable, sur les carènes usuelles.

Toutes les formules de cette Note ont un caractère de généralité incontestable, car elles s'étendent jusqu'aux limites minima et maxima de la convexité des carènes usuelles : depuis celles où la surface Σ, se confondant avec sa projection latérale, σ, pour $l = 0$, *s'y réduit à un plan;* jusqu'à celles où cette surface revêt au contraire la forme latérale, la plus en relief, d'une *cuvette à lignes d'eau circulaires*.

6. Un rapide examen de cet ensemble d'expressions suffit maintenant à montrer, qu'en dehors du coefficient, ω, *y caractérisant seul le tracé des lignes d'eau de la carène*, elles renferment uniquement : d'une part, les dimensions principales, L, l, p, ayant été assignées, comme limites, à ce tracé, par les conditions de l'avant-projet; et d'autre part, la surface σ *du plan de dérive* lui ayant servi de base, après que l'ingénieur en a profilé l'*étrave* de manière à favoriser la tendance à l'émersion de la proue.

Cet examen conduit en outre à reconnaître, du premier coup d'œil, que,

d'après la place de ce coefficient, ω, dans l'expression de Σ et dans celle (3) de R, les seules où il figure, *plus il est petit, plus il diminue la résistance de l'eau* à la translation de cette surface, *à valeurs égales* de la vitesse V du navire et des données fondamentales, L, l, p, σ, ayant servi de limites et de base au tracé de ses lignes d'eau.

7. En résumé, il se dégage de cet ensemble d'expressions expérimentales les conclusions suivantes :

1° Le tracé des lignes d'eau d'une carène est *d'autant plus favorable à la vitesse du navire*, quelle qu'elle soit, toutes choses égales d'ailleurs, qu'il est *caractérisé par une valeur moindre de son coefficient de convexité latérale*,

$$\omega = \sqrt{\sin I \sin I_m}.$$

2° Ce tracé est donc *optimum*, à cet égard, *quand on peut l'effectuer, sans inconvénient, par ailleurs, de façon à réduire son coefficient caractéristique* ω *à son minimum*, $\omega_m = 0{,}0916$, parce qu'il permet alors au plan de flottaison du navire de prendre *l'inclinaison* Θ *la plus favorable à sa vitesse* V, dont l'expression est

$$\sin\Theta = \left(1 - \frac{W^2}{V^2}\right) \sin 4^\circ 18', \tag{11}$$

d'après la formule indiquée dans ma Note précédente en fonction de la distance δ, à l'extrémité de la proue, de la section droite de la carène.

8. Ainsi se trouvent nettement définies les particularités, déconcertantes au premier abord, du régime des variations de la résistance de l'eau à la translation des carènes, en navigation ordinaire, où les actions réflexes des ondes satellites le compliquent au point qu'elles le rendraient impénétrable, sans l'aide des clés W et ω, dont l'objet de ces deux Notes était d'y mettre en lumière la raison d'être et l'utilité.

En présentant un Ouvrage dont il est l'auteur, M. LECORNU s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie un volume qui vient de paraître dans la Bibliothèque de Philosophie scientifique du Dr G. Le Bon. Son titre est : LA MÉCANIQUE; *les idées et les faits*. Les événements actuels lui donnent une certaine actualité, car nous assistons au plus formidable déploiement d'énergie mécanique qui ait jamais été réalisé par l'industrie

humaine. D'autre part, les lois newtoniennes, considérées longtemps comme intangibles, semblent menacées par certaines découvertes de la Physique moderne.

Je me suis proposé d'esquisser, sans appareil mathématique, un tableau de l'état de la Mécanique, envisagée à la fois dans ses principes et dans ses applications. La partie théorique fait plus d'une fois appel au sentiment des réalités, c'est-à-dire au sens commun, dont les logiciens, à l'exemple des métaphysiciens allemands, font trop volontiers bon marché. La phrase célèbre de Poincaré : « Il est plus commode de supposer que la Terre tourne » est naturellement l'objet d'une discussion spéciale.

En ce qui concerne les applications, j'ai tâché de mettre en lumière les traits caractéristiques, sans entrer dans des détails qui m'auraient mené beaucoup trop loin.

RAPPORTS.

Rapport sommaire présenté par M. APPELL *au nom de la Commission de Balistique.*

La Commission a reçu les travaux suivants :

1° Note de M. PARODI relative à la variation de la densité de l'air avec la hauteur et à ses conséquences balistiques (reçue le 10 juillet 1918).

2° Mémoire intitulé : *Recherches des éléments d'un projectile cylindro-ogival*, par le capitaine BERTIN (reçu le 2 septembre 1918).

3° Mémoire de M. ROUSIER, intitulé : *Étude des trajectoires balistiques dans des conditions spéciales; Tables numériques des fonctions balistiques introduites par ces calculs* (reçu le 10 octobre 1918).

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

J. LE HARDONIER. *L'éther moteur unique des forces matérielles.* (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Bäcklund.* Note de M. E. Goursat.

1. En étudiant certaines transformations des surfaces à courbure totale constante, M. Bäcklund a été conduit à poser le problème suivant, que nous appellerons, pour abréger, *problème de Bäcklund :*

Déterminer deux multiplicités d'éléments de contact $M_2(x, y, z, p, q)$ et $M'_2(x', y', z', p', q')$, *se correspondant élément par élément, de telle sorte qu'entre les éléments correspondants il existe quatre relations distinctes données*

$$F_i(x, y, z, p, q; x', y', z', p', q') = 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4). \tag{1}$$

Nous laisserons de côté le cas où l'on pourrait déduire de ces quatre relations une ou plusieurs équations ne renfermant que x, y, z, p, q, ou les lettres accentuées. On peut alors remplacer les relations (1) par un système de cinq équations où figure un paramètre auxiliaire u,

$$x' = f_1(x, y, z, p, q; u), \quad y' = f_2, \quad z' = f_3, \quad p' = f_4, \quad q' = f_5, \tag{2}$$

ces équations pouvant être résolues par rapport à x', y', z', p', q'. La condition $dz' = p'\,dx' + q'\,dy'$ devient

$$X\,dx + Y\,dy + Z\,dz + P\,dp + Q\,dq + U\,du = 0, \tag{3}$$

X, Y, Z, P, Q, U étant des fonctions de x, y, z, p, q, u, et le problème de Bäcklund est ramené à trouver les multiplicités intégrales à deux dimensions d'un système de deux équations de Pfaff à six variables,

$$\left\{ \begin{array}{l} dz - p\,dx - q\,dy = 0, \\ X\,dx + Y\,dy + Z\,dz + P\,dp + Q\,dq + U\,du = 0. \end{array} \right. \tag{4}$$

Tous les résultats connus sur l'intégration de ces systèmes s'appliquent donc au problème de Bäcklund [1]. On sait, d'après les théorèmes généraux, que le système (4) admet une infinité d'intégrales à deux dimensions, et qu'il est en général de *genre deux*. Inversement, à tout système de deux équations

(1) Voir, en particulier, le Mémoire de M. Cartan dans les *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 18, 1901, p. 241.

de Pfaff à six variables on peut faire correspondre, d'une infinité de manières, un problème de Bäcklund. La démonstration est facile.

2. L'étude des éléments singuliers d'un système de deux équations de Pfaff à six variables permet de démontrer très aisément que tout système de cette espèce peut, par un changement de variables, se ramener de *deux* [1] façons différentes à la forme suivante :

$$(5)\qquad \begin{cases} dz - p\,dx - q\,dy = 0, \\ X\,dx + Y\,dy + P\,dp + Q\,dq = 0, \end{cases}$$

X, Y, P, Q étant des fonctions de six variables x, y, z, p, q, u. La recherche des multiplicités intégrales à deux dimensions de ce système se ramène à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre admettant une famille de caractéristiques du premier ordre. Considérons, en effet, x et y comme les deux variables indépendantes; la fonction $z = f(x, y)$ et ses dérivées partielles doivent satisfaire aux deux conditions

$$(6)\qquad X + Pr + Qs = 0, \qquad Y + Ps + Qt = 0,$$

et l'élimination de u conduit à une équation E du second ordre

$$(7)\qquad F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0,$$

admettant, d'après la façon même dont elle est obtenue, une famille de caractéristiques du premier ordre. A toute intégrale $z = f(x, y)$ de E correspond une multiplicité intégrale à deux dimensions du système (5); les valeurs de p et q sont données immédiatement par les formules

$$p = \frac{\partial f}{\partial x}, \qquad q = \frac{\partial f}{\partial y},$$

et l'expression de u se déduit de l'une ou l'autre des relations (6). Il est clair d'ailleurs que l'équation E n'est définie qu'à une transformation de contact près, et que toute équation du second ordre, qui possède une famille de caractéristiques du premier ordre, peut être obtenue de cette façon.

---

[1] Ce résultat a été démontré directement par M. Duport, au moyen d'assez longs calculs (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1900, p. 41). Je laisse de côté certains cas particuliers qui ne se présentent que lorsque les coefficients du système satisfont à certaines relations d'égalité.

Puisque tout système de deux équations de Pfaff à six variables peut, en général, se ramener de deux façons différentes à la forme (5), on voit que la résolution du problème de Bäcklund peut, *en général*, se ramener, de deux façons différentes, à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre ayant une famille de caractéristiques du premier ordre. Les intégrales de ces deux équations se correspondent *une à une* par une transformation de Bäcklund B_1, ce qui conduit au théorème suivant :

A. *De toute équation aux dérivées partielles du second ordre, ayant deux systèmes de caractéristiques distincts, dont l'un est du premier ordre, on peut déduire, par une transformation* B_1 *correspondant à cette famille de caractéristiques, une autre équation de même espèce et une seule* [1], si l'on ne considère pas comme distinctes deux équations qui se ramènent l'une à l'autre par une transformation de contact. On détermine cette transformation B_1 en ramenant une expression de Pfaff à sa forme canonique.

Pour une équation de Monge-Ampère, ayant ses deux systèmes de caractéristiques distincts, il existe aussi *deux* transformations B_1 distinctes, qui ne conduisent pas en général à des équations de Monge-Ampère.

3. L'intégration d'un système de deux équations de Pfaff à six variables peut, dans certains cas, se ramener d'une autre façon à l'intégration d'une équation de Monge-Ampère, E', de telle façon qu'à une intégrale de E' correspondent une infinité d'intégrales, dépendant d'une constante arbitraire, des deux équations E, E_1, définies plus haut, tandis qu'à une intégrale de E, par exemple, correspond une seule intégrale de E'. On passe alors de l'équation E à l'équation E' par une transformation B_2.

Si l'on peut ramener ainsi de deux façons différentes l'intégration du système de Pfaff à l'intégration d'une équation de Monge-Ampère, ces deux équations E', E'' se correspondent par une transformation de Bäcklund B_3.

On déduit aisément de ce qui précède les deux propositions suivantes :

B. *Si une équation de Monge-Ampère, ayant ses deux familles de caractéristiques distinctes, provient d'une transformation* B_2 *relative à l'un des systèmes de caractéristiques, elle peut aussi être obtenue, en général, par une transformation* B_2 *relative au second système de caractéristiques.*

---

[1] J. Clairin avait démontré dans sa Thèse que, si cette transformation B_1 existe, elle est unique, abstraction faite d'une transformation de contact; mais on n'avait pas encore démontré, je crois, que *cette transformation existe toujours*, ce qui généralise, autant que la chose est possible, la célèbre transformation de Laplace.

C. *Toute transformation* B_3 *peut en général être obtenue de deux façons différentes par une combinaison de deux transformations* B_2.

Les autres questions que l'on peut se proposer sur les transformations de Bäcklund se ramènent aussi à l'étude de questions relatives aux systèmes de deux équations de Pfaff à 6 variables, où interviennent les propriétés des éléments singuliers de ces systèmes.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les variétés de Riemann à trois dimensions.* Note [1] de M. E. **Cartan**, présentée par M. P. Appell.

Étant donné un espace euclidien à n dimensions, je dirai qu'une variété à trois dimensions située dans cet espace est une variété de Riemann si son ds^2 est de courbure constante et égale à $+1$, ou encore si elle est applicable sur l'espace non euclidien elliptique à trois dimensions de courbure 1.

Le réseau asymptotico-isotrope intervient ici comme dans la théorie des variétés de Beltrami. La variété plane (R) se définit d'une manière analogue mais en substituant à l'hypersphère de centre M et de rayon $\sqrt{-1}$ l'hypersphère de centre M et de rayon 1; cette variété plane est encore le lieu des extrémités des vecteurs d'origine M égaux aux courbures normales des courbes tracées sur la variété. Les définitions du plan tangent principal et du centre de courbure principal ne sont pas à modifier.

D'après ce qui a été dit sur les variétés de Beltrami, il est bien évident qu'on aura une variété de Riemann dès qu'il existera h' plans tangents principaux réels, tels que les h' centres de courbure principaux correspondants soient conjugués deux à deux par rapport à l'hypersphère de centre M et de rayon 1. Mais *cette condition, qui est suffisante, n'est plus nécessaire*. D'abord il peut arriver que deux des plans principaux soient imaginaires conjugués. Ensuite, et ce qui est plus intéressant, *il peut arriver que le réseau asymptotico-isotrope n'admette pas des cônes de base se réduisant tous à des plans doubles.*

Ces cas exceptionnels sont les suivants :

1° Le réseau asymptotico-isotrope se réduit au cône isotrope; on a alors $n = 4$ et la variété est une hypersphère de rayon 1.

---

[1] Séance du 7 octobre 1918.

2° Le réseau asymptotico-isotrope est formé de cônes de révolution ayant un axe $M\Theta$ donné ($h' = 3$); les variétés correspondantes dépendent de $n - 2$ fonctions arbitraires d'un argument. Il y a une famille de surfaces caractéristiques, qui sont des surfaces principales (normales à $M\Theta$), et ces surfaces principales sont des sphères situées chacune dans un espace à trois dimensions.

3° Le réseau asymptotico-isotrope admet, comme cônes de base, d'abord un cône homofocal à un système de deux droites rectangulaires et deux plans doubles tangents à ce cône et perpendiculaires au plan de ces deux droites. On a $h' = 3$, avec deux plans tangents principaux et deux familles de surfaces principales. Les variétés correspondantes dépendent d'une fonction arbitraire de deux arguments.

Dans le quatrième et le cinquième cas, h' est égal à 4, et il y a respectivement trois et deux plans tangents principaux avec autant de familles de surfaces principales.

Enfin dans le sixième cas ($h' = 4$), le réseau asymptotique est formé des cônes qui admettent un plan tangent donné (II) comme plan de sections circulaires; il y a un plan tangent principal, qui est (II). Il existe une famille de surfaces principales formées de sphères comme dans le deuxième cas. Le lieu des extrémités des courbures normales est une surface du second ordre tangente à la sphère de centre M et de rayon 1 située dans l'hyperplan à trois dimensions (R). Le seul cas où n étant égal à 6, cette surface du second ordre soit égale à elle-même en tous les points de la variété, est celui où la variété a pour équations

$$
\begin{aligned}
x_1 &= \xi_1 \sin w \cos w,\\
x_2 &= \xi_2 \sin w \cos w,\\
x_3 &= \xi_3 \sin w \cos w,\\
x_4 &= \xi_1 \sin^2 w,\\
x_5 &= \xi_2 \sin^2 w,\\
x_6 &= \xi_3 \sin^2 w,
\end{aligned}
$$

où ξ_1, ξ_2, ξ_3 sont des fonctions de u, v liées par la relation

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 = 1.$$

Cette variété est engendrée par des sphères ayant pour centre l'origine des coordonnées; leurs trajectoires orthogonales sont des circonférences de diamètre 1.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Borrelly, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. J. GUILLAUME, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1918.	Temps moyen de Lyon.	☄ — ★. Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★
Oct. 1er..	14h51m37s	—0m 2s,40	+ 4′52″,5	8:8	5h38m32s,17	—9,340	—9°32′35″,3	+0,848	*a*
» 3...	15.13.37	—0. 6,52	+ 0. 5,8	12:12	5.42.32,01	—9,248	—9. 5.53,7	+0,849	*b*

Positions des étoiles.

★.	α moyenne. 1918,0.	Réduction au jour.	δ moyenne. 1918,0.	Réduction au jour.	Autorités.
a........	5h38m31s,20	+3s,37	—9°37′39″,3	+11″,5	A.G. Vienne-Ott., 1606
b........	5.42.35,11	+3,42	—9. 6.10,4	+10,9	B.D. —9.1227, rapportée à *c*
c........	5.41.53,38		—9. 2. 7,9		A.G. Vienne-Ott., 1625

Remarques. — 1er octobre : Images instables, diffusion assez forte. La comète présente une nébulosité à bords vagues, d'environ 20″ de diamètre, avec condensation centrale; éclat total 10,5-11e.

3 octobre. — Ciel plus pur, mais la comète est moins visible, à cause, sans doute, de la diffusion qui est plus forte.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Une marée électrique dans le sol, dérivée de la marée océanique.* (Observations faites d'octobre 1917 à août 1918 à l'observatoire Saint-Louis, à Jersey.) Note de M. MARC DECHEVRENS, présentée par M. Branly.

Les deux réseaux de tubes de fer souterrains qui amènent le gaz et l'eau à l'observatoire, branchés sur un galvanomètre sensible, témoignent de l'existence dans le sol d'une force électromotrice de 0,1 volt dont les variations ont été enregistrées photographiquement pendant ces deux dernières années. Dix mois (octobre 1917-août 1918) ont été utilisés tout particulièrement pour l'étude du phénomène.

Le courant subit manifestement une action de la Lune, non directement, mais par dérivation de la marée océanique. En effet :

1. Deux fois chaque jour le voltage prend une valeur maximum et deux fois une valeur minimum : les deux oscillations sont à peu près égales, comme les deux oscillations du niveau de la mer.

2. La variation entière est achevée en 25 heures environ de temps solaire; les maxima et les minima pour un jour donné sont enregistrés 50 minutes plus tard que la veille. C'est le retard quotidien des passages de la Lune au méridien; c'est le retard quotidien de la marée.

3. Si c'est réellement le mouvement des eaux de la mer qui est à l'origine du courant électrique observé, on ne doit pas s'attendre à trouver le maximum du voltage en concordance avec la pleine mer. Tout bien considéré même, le maximum de force électromotrice semble lié plutôt avec la basse mer qu'avec la pleine mer et il devancerait de 2 heures la basse mer.

4. Le maximum d'attraction sur les eaux de la part du Soleil et de la Lune agissant de concert a lieu à la nouvelle Lune équinoxiale. A Jersey, la plus haute mer, qui en est la conséquence, n'est produite qu'après un intervalle moyen de 40 heures 30 minutes. Il se trouve que la plus grande variation de la force électromotrice, à cette même époque, s'enregistre comme un minimum de voltage 38 heures 30 minutes environ après la nouvelle Lune, ou 2 heures avant la plus grande marée de l'année.

5. L'établissement du Port à Jersey est de 6 heures 18 minutes. C'est l'intervalle qui sépare le moment de la pleine mer de l'heure du passage de la Lune au méridien le premier jour de la lunaison. La phase du courant électrique la plus rapprochée de ce passage comme de la pleine mer est le minimum de l'après-midi ce jour-là : il est enregistré à 16^h, c'est-à-dire 2 heures 18 minutes avant la pleine mer.

6. A Jersey, pendant le développement de la marée, la mer *monte* pendant 5 heures 40 minutes et descend pendant 6 heures 40 minutes. Avec le courant électrique, les intervalles de temps les plus en accord avec ceux de la marée sont 5 heures 15 minutes pour la *diminution* du voltage et 7 heures 18 minutes pour son accroissement.

Donc, de toutes manières, il convient de chercher les causes qui créent la force électromotrice observée, dans les mouvements de la mer qui produisent ou accompagnent sa dépression.

7. La théorie des marées prévoit une inégalité semi-mensuelle dans les retards quotidiens de la pleine mer sur la Lune. A Jersey le retard augmente aux syzygies et diminue aux quadratures, respectivement de

+ 66 minutes à la P. L. et − 54 minutes au P. Q. Une même inégalité affecte les retards du minimum du courant correspondant, respectivement + 58 minutes à la P. L. et − 66 minutes au D. Q.

8. Les moyennes amplitudes de la double oscillation diurne de la marée et du courant électrique sont ensemble les plus grandes deux ou trois jours après les syzygies et les plus petites deux ou trois jours après les quadratures.

Les particularités essentielles de la marée électrique ont été résumées dans le Tableau suivant :

Variations du courant tellurique (sous terre) pendant la lunaison.

(Heures solaires écoulées entre deux passages de la Lune au méridien supérieur.)

L'unité est le dix-millième de volt.

Intervalles horaires.	N. L. — 1er secteur.	2e sect.	P. Q. — 3e sect.	4e sect.	P. L. — 5e sect.	6e sect.	D. Q. — 7e sect.	8e sect.	Moyennes.
Passage supér.	61	57	30	32	45	33	33	22	40
1	40	28	7	25	37	7	8	7	22
2	− 5	−18	−22	7	4	−31	−24	−11	−11
3	−47	−56	−43	−11	−35	−60	−43	−23	−39
4	−62	−71	−43	−31	−59	−65	−44	−25	−51
5	−51	−57	−33	−35	−58	−49	−30	−21	−43
6	−27	−27	−20	−29	−38	−25	−13	−14	−25
7	− 3	− 9	− 5	−17	−15	9	4	− 4	− 7
8	14	13	11	− 6	5	21	18	9	10
9	27	21	22	7	21	38	27	18	22
10	40	36	32	16	34	47	30	25	32
11	51	44	35	26	45	53	28	31	39
Passage infér.	52	37	24	31	46	47	26	33	38
13	28	43	15	19	42	33	23	20	28
14	− 2	6	−14	8	26	2	− 4	1	3
15	−41	−35	−38	− 7	− 9	−35	−34	−18	−27
16	−67	−65	−45	−22	−41	−60	−49	−29	−49
17	−69	−69	−37	−33	−59	−58	−45	−32	−52
18	−51	−51	−22	−29	−54	−35	−22	−31	−38
19	−28	−24	− 3	−16	−34	−12	−11	−24	−19
20	− 4	4	15	− 4	− 8	6	3	− 7	0
21	16	30	27	5	11	22	14	8	20
22	31	50	34	14	23	34	27	19	29
23	45	61	39	22	33	42	35	25	38
24	57	64	39	29	40	43	40	27	43
Moyen voltage.	0,1032	0,1039	0,1004	0,1021	0,1031	0,1027	0,1018	0,1010	0,1024

De tout ce qui précède on peut supposer qu'il doit exister, au moins sur tous les rivages du globe, une marée électrique souterraine dérivée de la marée océanique et qui en reproduit les particularités essentielles.

BOTANIQUE. — *L'appareil conducteur des feuilles des Saxifragacées.* Note (¹) de M. F. **Morvillez**, présentée par M. Guignard.

Les caractères de l'appareil conducteur des feuilles (²) des différentes Saxifragacées correspondent très sensiblement à la division en tribus que la morphologie a permis d'établir.

I. Saxifragées. — 1° *Hoteia* (*H. japonica* Dcne). — Les faisceaux sont disposés suivant un cercle. Au niveau de l'émission des rachis latéraux, la trace foliaire présente (*fig.* I), de chaque côté, trois régions plus saillantes vers l'extérieur (m, e^a, e^p), d'où partent les éléments qui se rendent dans ces ramifications latérales.

2° *Saxifrages* de la section *Bergenia* (*S. crassifolia* L.). — Les éléments plus intérieurs (*fig.* II : i^a, i^p) qui limitent en avant et en arrière la région d'émission moyenne (e^x) sont repoussés de plus en plus vers la surface de symétrie de l'organe et s'unissent avec ces formations symétriques du côté opposé. Ce système intérieur tend à se fragmenter en trois anneaux plus ou moins complètement fermés.

Dans ces deux exemples de *Saxifragées* à carpelles indépendants, la feuille reçoit de la tige un nombre de faisceaux variable, mais généralement assez élevé.

3° *Heuchera*, *Tellima*, *Chrysosplenium*, la plupart des *Saxifrages*, d'une manière générale *Saxifragées à ovaire plus ou moins infère...* — La feuille reçoit de la tige un à trois faisceaux; dans ce dernier cas, les faisceaux se juxtaposent bord à bord. Dans le pétiole, la trace foliaire est constituée par un à trois faisceaux disposés suivant un arc de cercle plus ou moins fermé en avant. Les premières nervures sont constituées aux dépens des extrémités libres de la trace foliaire qui s'écartent toujours au sommet du pétiole.

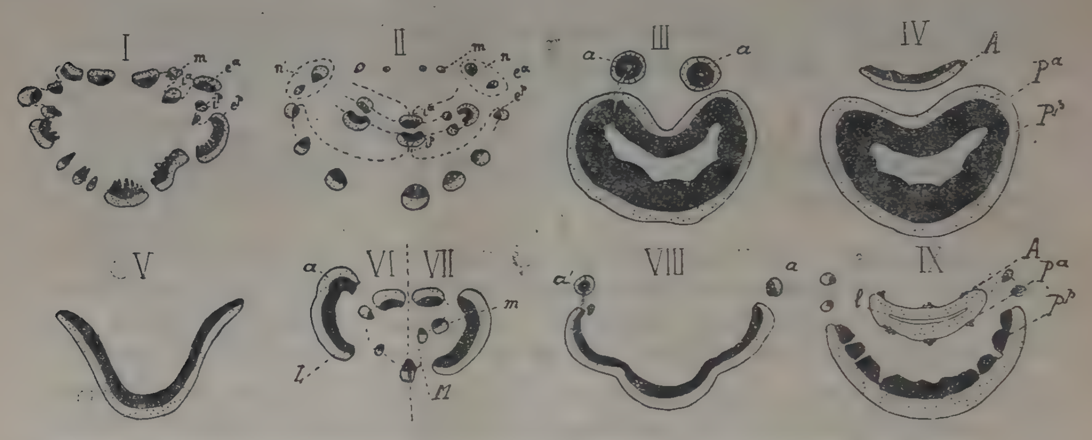
II. Brexiées (*Brexia*, *Ixerba*). — Les trois pièces provenant de la tige, après s'être constituées chacune en systèmes fermés, se fusionnent, à la base du pétiole, en

---

(¹) Séance du 7 octobre 1918.

(²) L'appareil conducteur de la feuille des Saxifragacées a été étudié par M. Petit (1887) dans son travail d'ensemble sur le pétiole, par M. Thouvenin (1890) dans un Mémoire sur l'Anatomie des Saxifragacées; certains types ont été décrits incidemment par M. Bouygues (1902). Nous avons laissé de côté, dans cette Note, les types *microphylles* où la trace foliaire est réduite à un faisceau.

un anneau unique. En avant, à droite et à gauche, se détachent deux boucles qui constituent deux anneaux antérieurs (*fig.* III, *a*, *a'*); ces derniers s'unissent à un niveau plus ou moins élevé du pétiole. Dans la région médiane de la nervure, le système antérieur est représenté par un faisceau large (*fig.* IV, A).



Sections transversales de l'appareil conducteur des feuilles des Saxifragacées.

Fig. I, *Hoteia japonica* Dcne (sommet du pétiole) : *m*, région marginale; e^a, pli externe antérieur; e^p, pli externe postérieur; i^a, pli interne antérieur; i^p, pli interne postérieur. — Fig. II, *Saxifraga crassifolia* L. (id.) : mêmes notations; *n*, *n'*, faisceaux provenant des dernières nervures droite et gauche. — Fig. III, *Brexia heterophylla* Boy. (id.) : *a*, *a'*, anneaux antérieurs droit et gauche. — Fig. IV, *Brexia heterophylla* (milieu de la nervure principale) : A, système antérieur; P^a, système antérieur de l'anneau postérieur; P^p, partie postérieure de l'anneau postérieur. — Fig. V, *Polyosma mutabilis* Bl. (sommet du pétiole). Fig. VI, *Ceratopetalum apetalum* Don. (côté gauche de la base du pétiole) : L, pièce latérale venant de la tige; *a*, région où se forme l'anneau antérieur gauche. — Fig. VII, *Pancheria alaternoides* var. *lanceolata* Guill. (côté droit de la base du pétiole); M, faisceau median venant de la tige; *m*, faisceau médullaire. — Fig. VIII, *Philadelphus coronarius* L. : *a'*, anneau antérieur gauche qui vient de se former; *a*, faisceau antérieur droit. — Fig. IX, *Hydrangea nivea* Michx (sommet du pétiole) : mêmes notations que pour la figure IV; *l*, indication d'une division de la masse libérienne en deux régions.

Le bois a été figuré par une teinte noire uniforme, le liber par un pointillé.

III. Francoées (*Francoa*). — Ce sont des types herbacés; la trace foliaire possède des faisceaux distincts; l'arc antérieur est représenté à droite et à gauche par un fascicule fermé.

IV. Escalloniées (*Ecallonia*, *Polyosma*, *Itea*, *etc.*). — La trace foliaire est constituée par trois faisceaux sortant de la tige qui se soudent bord à bord; elle est largement ouverte en avant (*fig.* V).

V. Ribésiées. — La trace foliaire a le même mode de formation que chez les *Escalloniées*. Les bords libres se rapprochent jusqu'à se toucher dans la région moyenne du

pétiole, mais s'éloignent de nouveau au sommet. Les faisceaux des nervures se détachent des extrémités de la chaîne.

VI. Cunoniées. — Un système antérieur, constitué par deux anneaux fermés, comme chez les Brexiées, se différencie très bas, aux dépens de la région antérieure des faisceaux latéraux (*fig.* VI, *a*) venus de la tige Tantôt ces anneaux restent indépendants (*Cunonia capensis* L.), tantôt ils se soudent en un anneau unique (*Belangera speciosa* Cambess.). Dans certains cas, ils ne sont représentés que par deux faisceaux très petits ou par deux saillies symétriques de la chaîne; le système postérieur présente de plus, dans le genre gessois, l'indication d'une région plus interne qui le subdivise, d'où trois régions plus saillantes vers l'extérieur (comme chez les Saxifragées du type *Hoteia*). Dans le groupe des *Codiées* (qui présentent une tendance à l'inferovarie), les systèmes antérieurs ne se différencient plus, mais on constate dans le genre *Pancheria*, l'existence de systèmes médullaires (m, m') formés aux dépens de la pièce médiane venant de la tige (*fig.* VII).

VII. Philadelphées (*Philadelphus coronarius* L.). — La trace foliaire est largement ouverte en avant, mais les systèmes antérieurs (*fig.* VIII, *a*) s'en détachent par deux boucles (a') comme chez les *Cunoniées* et les *Brexiées*; l'anneau ainsi formé s'ouvre presque au même niveau.

VIII. Hydrangées (*Hydrangea*). — La région postérieure est constituée par un arc libéro-ligneux très développé; en avant la trace est plus ou moins complètement fermée par un massif composé presque exclusivement d'éléments libériens (*H. Hortensia* Dc.) dans lequel pourtant les auteurs ont reconnu des éléments ligneux sans être d'accord sur la place qu'ils occupent. Chez *H. nivea* Michx. ce massif présente nettement (*fig.* IX), sur sa face antérieure et sur sa face postérieure, des éléments ligneux et l'indication dans sa région médiane d'un plan de clivage horizontal. La partie supérieure (A) correspond au système supérieur des Codiées (*fig.* V, A), sa partie inférieure (P^a) à la région antérieure de leur anneau postérieur. Cette dernière région est représentée chez le *Schizophragma hydrangeoides* Sieb. et Zucc. par des éléments ligneux et libériens bien développés, à la région antérieure desquels sont accolés des fascicules libériens représentant le système antérieur.

Conclusions. — 1° Chez les Saxifragacées, dans les tribus à *ovaire généralement supère* (*Brexiées*, *Cunoniées*) et, dans ces tribus mixtes, les formes à *ovaire supère* (*Hoteia*, *Saxifrages* de la section *Bergenia*) présentent des traces foliaires dont les diverses régions sont les mieux caractérisées, les plissements les plus accentués et parfois les plus nombreux.

b. Dans les tribus à *ovaire généralement infère*, la trace foliaire tend à se réduire à un arc simple; dans la série des tribus à feuilles opposées (*Philadelphées*, *Hydrangées*), on saisit encore les vestiges des types d'organi-

sation précédents; dans celle des tribus à feuilles isolées (*Escalloniées*, *Ribésiées*), on ne retrouve plus ces vestiges.

2° En dehors de certains caractères que l'on retrouve chez les *Légumineuses* (système antérieur), c'est surtout avec la trace foliaire des *Rosacées*, par les *Spirées* de la section *Aruncus* que celle des *Saxifragacées*, notamment des *Hoteia* et par là des *Saxifrages* de la section *Bergenia*, présentent les affinités les plus marquées. D'autre part, chez les types à ovaire infère de la famille des *Rosacées*, la trace foliaire tend à se réduire à un arc ouvert, comme chez les Saxifragacées à ovaire infère.

ANTHROPOLOGIE PÉDAGOGIQUE. — *Intérêt pédagogique des lois de croissance* (²). Note de M. **Paul Godin**, présentée par M. Edmond Perrier.

La croissance de l'organisme humain est un progrès continu dont la condition est le mouvement.

Le mouvement organique, qui est un mouvement objectivé, se trouve soumis à la *loi des alternances* (¹).

Les alternances garantissent le repos et la récupération de l'énergie. Le repos est obtenu par un changement de sens du travail et non par sa cessation. Il n'en va pas autrement pour les grandes alternances péripubertaires (²).

Les alternances se produisent spontanément d'après un rythme réglé sur la quantité et non sur le temps du fonctionnement.

Le mouvement de croissance a pour objet le développement de l'organisme dans son complet déploiement. Cet objectif ne se réalise qu'autant que les alternances ont leur rythme normal.

La normalité du rythme des alternances a pour condition l'*association fonctionnelle*, c'est-à-dire le fonctionnement des organes en coopération physiologique, laquelle garantit l'intégralité, la plénitude du développement et de l'activité de chaque organe; tandis que la *dissociation fonctionnelle* rompt la normalité des alternances, entraîne la fatigue, prive du rendement maximum et par conséquent entrave le progrès.

(¹) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 99.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1782; *Bulletin de l'Académie de Médecine*, séance du 27 juin.

L'action seule détermine le fonctionnement associé et intégral.

Une pédagogie, manœuvrant en dehors de ces données qui émanent de la nature, aurait toutes chances de se tenir extérieure à la nature de l'enfant, de ne la point pénétrer, et, si elle faisait effort pour la pénétrer, de la voir se dresser contre elle.

Une pédagogie, s'inspirant au contraire de l'enseignement dû à la croissance, est bien près d'être une pédagogie naturelle.

Je vais essayer de l'esquisser :

1° La pédagogie naturelle visera la plénitude du développement et de l'activité fonctionnelle de chaque organe.

2° Elle la recherchera dans le fonctionnement associé et non dans la dissociation fonctionnelle, qui désorganise.

3° Elle assurera ainsi la normalité du rythme des alternances, condition de la durée pour tout ce qui vit.

4° La pédagogie naturelle sera une pédagogie de mouvement, c'est-à-dire une *pédagogie d'action*.

5° Les périodes de la pédagogie d'action sont tracées par les grandes alternances de l'évolution de croissance. A la phase prépubère répondra une phase de généralisation éducative, tandis qu'à la phase postpubère répondra la phase de spécialisation.

6° Pendant la première, la pédagogie d'action cultivera intégralement la totalité de l'organisme. Pendant la seconde, elle coordonnera les activités organiques de façon que toutes apportent leur concours à celle d'entre elles qui est sollicitée directement, évitant que la spécialisation ne devienne un rétrécissement du champ de l'activité.

7° La *pédagogie d'action* généralisatrice puis spécialisatrice, réalisera et maintiendra ainsi l'*activité supérieure* qui, simultanément, donne satisfaction à l'organisme et répond aux exigences de l'évolution économique.

8° Ceci s'applique à la spécialisation, dans quelque domaine qu'elle s'exerce, domaine de la pensée pure, qui est la *créatrice d'action*, ou domaine de la pensée appliquée, qui est l'action même.

9° La pédagogie, instruite de ses *principes généraux* par *le développement de l'enfant en général*, c'est-à-dire de l'enfant *moyen*, le sera de *leur application à chaque cas particulier, par le développement de chaque enfant*, développement que figure la *fiche scolaire* [1] à travers les semestres successifs de la période de croissance.

---

[1] *La Fiche scolaire* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 381).

PHYSIOLOGIE. — *Les lois du travail féminin et de l'activité cérébrale.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le travail physique de la femme possède des caractéristiques parfaitement définies. Les expériences suivantes ont pour but de les mettre en évidence, et aussi d'appuyer une théorie nouvelle de l'activité du cerveau.

I. *Travail à la lime.* — Une ouvrière d'usine, âgée de 28 ans (Mlle G. Al.), s'exerce pendant un quart d'heure à la lime dynamographique ([1]). On enregistre ainsi tous ses efforts, et les courbes de sa respiration. On mesure, d'autre part, la dépense d'énergie que ce travail nécessite, en évaluant la consommation totale d'oxygène respiré.

La cadence des mouvements, de 70 coups de lime par minute chez l'homme normal, n'est que de 40 chez Mlle G., et c'est une moyenne. L'effort déployé par les deux bras, au lieu d'être de 16kg, atteint seulement la moitié. De sorte que le rendement, l'effet utile se trouve réduit à 30 pour 100 environ; rares les ouvrières qui fournissent 40 à 50 pour 100. On constate, au surplus, que la respiration est à phase expiratoire prolongée, ce qui est l'indice d'une menace d'essoufflement. L'oxygène n'est pas absorbé dans la proportion nécessaire, ce qui compromet la défense de l'organisme.

II. *Travail à la varlope.* — Au moyen de la varlope inscrivante, on enregistre des courbes de travail et de fatigue qui conduisent exactement aux mêmes conclusions. L'effort nécessaire étant de 20kg, on n'en obtient que 10 à 12. Mais nous noterons que l'ouvrière s'adapte un peu à l'usage de la varlope, parce qu'elle y trouve une prise plus commode que sur la lime.

Malgré cela, la manœuvre de ces deux outils est trop pénible pour qu'elle ne soit pas à interdire aux femmes.

III. *Endurance et fatigue.* — Avec le chirographe, on fait tracer, par flexions et extensions d'un doigt, le diagramme de fatigue, à la cadence de 30 mouvements par minute; et l'on inscrit la *courbe d'endurance*. Dans le premier cas, on soutient un effort alternatif de 1kg,500; dans le second, c'est un effort constant de 3kg,500 produit par le doigt complètement fléchi.

Il résulte de ce double tracé :

1° Que le travail féminin, poussé aux limites physiologiques de la fatigue, et quand il n'a rien d'excessif ni comme force ni comme vitesse, représente 50 à 55 pour 100 du travail de l'adulte mâle. Mais le diagramme est rapidement décroissant; il accuse un épuisement plus prononcé. La flexion est plus brève que l'extension, c'est-à-dire que la *volonté de l'effort* est absente.

([1]) Sur toute cette technique, décrite déjà dans les *Comptes rendus*, consulter notre Livre : *Organisation physiologique du travail* (Paris, 1917; Dunod et Pinat, éditeurs).

2° Que l'endurance est, elle aussi, très faible en valeur absolue, et sujette à des à-coups, à des intermittences d'action; l'excitation motrice subit des oscillations, des hauts et des bas caractéristiques.

IV. *Attention.* — Les inégalités de l'effort musculaire sont déjà significatives, d'une attention peu soutenue. On s'en rend mieux compte en examinant la respiration de l'ouvrière durant qu'elle s'exerce à la manivelle du cycle ergométrique, ne surmontant qu'une légère résistance. En effet, les tours de roue du cycle sont précipités, mais mal réglés, on les enregistre électriquement; les intervalles du tracé ne sont pas tous égaux. Et ce qui est plus frappant, les respirations marquent des arrêts, des pauses où se trahit la *distraction.* Visiblement, les centres nerveux, assiégés par les appels de la sensibilité, ne guident pas constamment le travail.

Toutefois, nous n'avons rien observé de particulier touchant les temps de réaction visuels, auditifs ou tactiles, mesurés au psychographe [1]. Ces réactions *isolées* ne révèlent pas la fatigue d'attention de la femme; il y faut la continuité, la répétition jointes à la réflexion.

D'autres expériences nous avaient, d'ailleurs, fait admettre que, dans tout travail qui n'est pas habituel aux femmes, qu'elles ne peuvent pas effectuer *automatiquement*, sans effort tenace physique ou psychique, il y a intermittence de la volonté, de l'action nerveuse, et manque d'attention.

Ainsi, pour les manœuvres pénibles ou compliquées, ou qui supposent l'initiative, la décision, la patiente application de l'esprit, il est physiologiquement contre-indiqué de recourir aux femmes. La fatigue musculaire ou nerveuse limiterait leur production, et porterait à leur santé les plus graves préjudices.

Tout prouve, au contraire, que seules leur conviennent les professions où l'effort est médiocre, et interrompu par de fréquents repos.

Ces observations nous suggèrent une *théorie nouvelle de l'activité cérébrale.*

L'énergie que dépensent les centres nerveux est maintenue à un niveau à peu près invariable grâce aux combustions intraorganiques, c'est-à-dire à l'intensité des échanges respiratoires. Les phénomènes chimiques entretiennent *l'état vibratoire* qui caractérise, on le sait [2], l'énergie nerveuse. Ces vibrations ne s'amortissent que par les toxines de la fatigue, ou les excitations du dehors, lesquelles engendrent un frottement intérieur de nature inconnue. Remarquons que, dans ce dernier cas, les sollicitations pourraient fort bien correspondre au rythme propre des centres nerveux,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 1052.

(2) Diverses recherches (Schäffer, Griffiths, Richet) ont montré que la fréquence de ces vibrations est de 15 par seconde, en moyenne ; elle s'élève à 50 environ (Piper, Foa) dans la contraction tétanique, celle de la courbe d'endurance.

et constituer avec lui une *résonance* favorable aux fonctions de relation [1]. C'est ce que produisent, notamment, certains sons et couleurs, ou la présence de personnes qualifiées de *sympathiques*. Il semble que la sympathie ne soit autre chose que l'accord mystérieux des états nerveux.

Or, la sensibilité de la femme étant beaucoup plus vive que celle de l'homme, le monde extérieur retentit plus souvent et plus fortement, comme on l'a vu, sur ses échanges respiratoires, sur son travail cérébral; il règle le cours de ses énergies physique et psychique.

Il n'en est pas de même chez l'homme; sa relative indépendance à l'égard des excitations du dehors lui laisse plus d'empire sur ses desseins et ses actes, sur ses idées et ses volitions.

Telle serait, croyons-nous, la raison profonde, essentielle qui devrait faire réserver au sexe mâle tout travail tenace et original, à l'autre sexe les occupations qui souffrent la discontinuité ou l'automatisme.

Nous éliminons l'influence, assurément appréciable, de *l'habitude*, et les dispositions individuelles extraordinaires. Elles s'observent jusque dans la nature inanimée : des fibres de bois ou des plaques minces, dans plusieurs instruments de musique, répondent à toutes les vibrations. C'est exceptionnel.

Et nous concluons :

Que la courbe d'endurance de la femme est basse et ondulée, procédant par à-coups; le travail physique représente à peine 40 pour 100 de celui de l'homme; il est irrégulier et dépourvu de continuité, à cause de l'intermittence inévitable de l'activité cérébrale; en général il doit être peu pénible, quasi automatique, coupé par de fréquents repos, et plus en harmonie avec la sensibilité qu'avec la volonté et la raison abstraite.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *L'intoxication par les plaies de guerre. Pathogénie du shock.* Note de MM. **P. Duval** et **A. Grigaut**, présentée par M. Quénu.

Orientés par une hypothèse émise dès 1916 par M. Quénu (et corroborée depuis par des faits cliniques), hypothèse qui fait dériver le shock d'une intoxication par résorption de produits d'origine albuminoïde résultant de

---

(1) Le principe de la résonance est que tout corps absorbe les vibrations qu'il lui est possible d'émettre.

l'écrasement des tissus, nous avons entrepris des recherches dans le but de mettre en évidence l'agent causal de cette intoxication.

A l'état normal, les cellules de l'organisme retiennent emmagasinée une quantité notable de substances azotées non protéiques, à un taux bien supérieur à celui du plasma. C'est ainsi que dans les muscles ce taux est de $3^g,30$ pour 1000^g, c'est-à-dire 14 fois supérieur à celui du plasma. Ces substances sont pour la plupart éminemment dialysables et leur rétention dans la cellule n'est possible qu'à la faveur d'un processus actif de la membrane cellulaire. Dans le cas du muscle, la membrane ne laisse passer ces substances dans le sang qu'au delà d'un seuil déterminé, voisin de $3^g,30$ pour 1000 et qu'en raison de sa fixité on peut appeler *le seuil normal d'excrétion azotée de la cellule musculaire*.

Sous l'influence du traumatisme, le seuil d'excrétion de la cellule musculaire est abaissé et une partie importante de la réserve azotée de la cellule est libérée et passe dans le sang. Les nombreux dosages que nous avons faits sur les tissus des plaies de guerre nous ont permis chaque fois de constater une diminution de la teneur en azote non protéique du tissu lésé, concurremment à une augmentation dans le sang. Cette diminution n'est pas limitée à l'endroit du traumatisme, mais frappe également, bien qu'à un degré moindre, les tissus voisins. Le traumatisme semble ainsi avoir pour premier effet l'inhibition du fonctionnement de la membrane cellulaire qui laisse alors passer dans la circulation des cristalloïdes retenus. Ce n'est que plus tard et secondairement qu'interviennent les processus fermentatifs et microbiens. Mais la cause première et généralement unique de l'intoxication dans les grands traumatismes est la mobilisation des réserves azotées tissulaires et leur apparition dans le sang. C'est cette apparition rapide, qui provoque la leucocytose intense et précoce, que P. Brodin et Fr. Saint-Girons ont constatée chez les grands blessés.

Par des dosages chimiques, nous avons pu saisir directement le passage de ces substances dans le sang. Chez le blessé de guerre, l'azote total non protéique est dans la règle augmenté, mais cette augmentation est toujours restreinte et ne s'élève que rarement, en dehors de l'état de shock, à des chiffres doubles de la valeur normale.

Chez les blessés shockés, au contraire, il est exceptionnel de rencontrer des chiffres qui ne soient pas de beaucoup supérieurs au double de la valeur normale de ces substances.

L'évolution générale de la courbe des substances azotées dans le sang des shockés est différente selon que le blessé s'achemine vers la mort ou vers la

guérison. Lorsque le blessé doit guérir, l'azote total non protéique un instant très augmenté revient progressivement à la normale ; la courbe est au contraire régulièrement ascensionnelle et l'azote total non protéique du sang ne cesse de croître lorsque le blessé doit succomber.

Par son taux élevé, l'augmentation de l'azote non protéique dans le sang des shockés ne peut se comparer qu'à l'azotémie des brightiques. Mais une différence essentielle existe entre la rétention azotée des brightiques mise en lumière par M. Widal et la rétention azotée des blessés : *la rétention azotée des brightiques est une rétention d'urée, la rétention azotée des shockés est une rétention d'azote résiduel*, stigmatisant la lésion hépatique d'après les belles recherches de Chauffard et Brodin, et donnant la mesure de l'intoxication. Mais nous pensons que cette lésion hépatique n'est pas première et qu'elle n'apparaît qu'à la faveur de l'afflux démesuré des déchets azotés d'origine tissulaire. C'est à un véritable phénomène de *foie forcé* que correspondent les lésions hépatiques décrites par Nanta dans les grands traumatismes et bien mises en évidence par Charles Richet et Flament.

A la lumière de ces faits, s'éclaire la pathogénie du shock dans les blessures de guerre. Le degré d'intoxication consécutif au traumatisme est fonction de la qualité et de l'étendue des territoires tissulaires frappés, c'est-à-dire de la qualité et de l'abondance des réserves azotées libérées. Faible pour les blessés légers, la proportion de substances azotées toxiques dans le sang croît avec l'importance des dégâts et spécialement des dégâts musculaires pour aboutir dans les grands traumatismes aux formes graves d'intoxication qui constituent le shock.

M. **Jaime Ferran** adresse, par l'intermédiaire de M. E. **Roux**, un Mémoire intitulé : *Culture* in vitro *des globules rouges du sang*.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.